

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$$

$$\epsilon_r = 1 \rightarrow A = A_{eff}$$

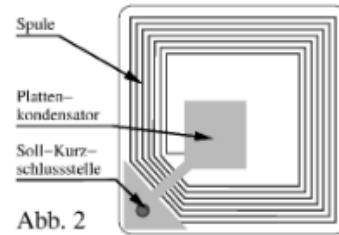
Durch das Reindrehen des Rotors in den Stator, erhöht man die effektive Fläche und damit die Kapazität. Die Empfangsfrequenz sinkt.

Warensicherung

4.5.20

2. Warensicherung

Bestimmte Warensicherungsetiketten enthalten einen elektromagnetischen Schwingkreis mit der Eigenfrequenz 8,2 MHz. Der Schwingkreiskondensator besteht aus zwei Platten im Abstand 15 µm. Die Plattenfläche (in der Abbildung grau dargestellt) beträgt ca. 13 % der Gesamtfläche des Warensicherungsetiketts. Der Raum zwischen den Platten ist mit Polypropylen gefüllt, wodurch sich die Kapazität des Kondensators um den Faktor $\epsilon_r = 2,3$ gegenüber der eines luftgefüllten Kondensators erhöht. Aufgrund einer eingebauten Soll-Kurzschlussstelle wird der Kondensator zerstört, wenn die Plattenspannung einen Wert von 4,5 V übersteigt.



8

- a) Bestimmen Sie mithilfe der Abbildung 2 (Originalgröße) die Kapazität des Kondensators im Schwingkreis und daraus die Induktivität der Spule. [zur Kontrolle: $C = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ F}$]

FS S. 22

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \cdot \frac{A}{d} = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 2,3 \cdot \frac{(35 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \cdot 0,13}{15 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

$$C = 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ F}$$

FS S. 26

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \rightarrow \sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f}$$

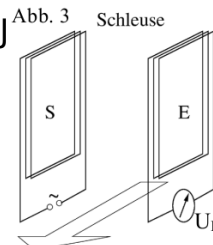
$$LC = \frac{1}{4\pi^2 f^2} \rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 (8,2 \cdot 10^6 \text{ Hz})^2 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ F}}$$

$$L = 1,7 \mu\text{H}$$

- 3 b) Berechnen Sie die maximale Energie, die der Schwingkreis aufnehmen kann, ohne zerstört zu werden.

$$E_{el} = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ F} \cdot (4,5 \text{ V})^2 = 2,2 \text{ nJ}$$

Warenhäuser besitzen am Ausgang Schleusen, die aus einer Sendespule S und einer Empfangsspule E in einem Abstand von ca. einem Meter bestehen. An die Sendespule wird eine sinusförmige Wechselspannung der Frequenz f angelegt.



c) Erklären Sie, dass ein an E angeschlossenes Messgerät eine Wechselspannung anzeigt.

Schlüsselbegriffe: Resonanter Schwingkreis wird angeregt
 Man kann die Spannung des Kondensators im Empfängerschwingkreis messen, da dieser eine harmonische elektrische Schwingung vollführt.

Befindet sich eine Ware mit intaktem Sicherungsetikett in der Schleuse, so nimmt der Schwingkreis Energie auf, wenn die Frequenz f mit seiner Eigenfrequenz übereinstimmt. Man beobachtet dann ein Absinken des Scheitelwerts U_E der bei E gemessenen Wechselspannung. Größere Metallgegenstände führen ebenfalls zu einem Absinken von U_E und können einen Fehlalarm auslösen. Um dies zu vermeiden, wird der Sender so eingestellt, dass die Frequenz periodisch um den Mittelwert 8,2 MHz schwankt (siehe Abb. 4a).

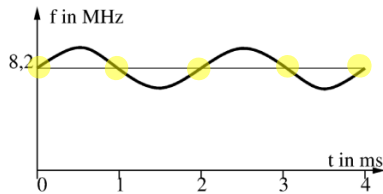
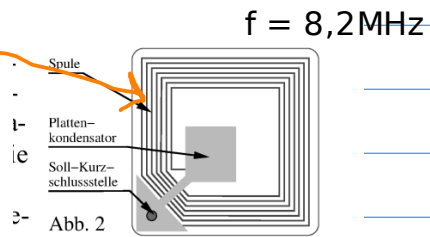


Abb. 4a

Resonanz



9

d) In der Schleuse befinden sich

α) ein intaktes Sicherungsetikett bzw.

β) ein größerer Metallgegenstand. keine Resonanz

Ordnen Sie den beiden Fällen je eines der Diagramme ① bis ④ aus Abbildung 4b passend zu und begründen Sie Ihre Entscheidung.

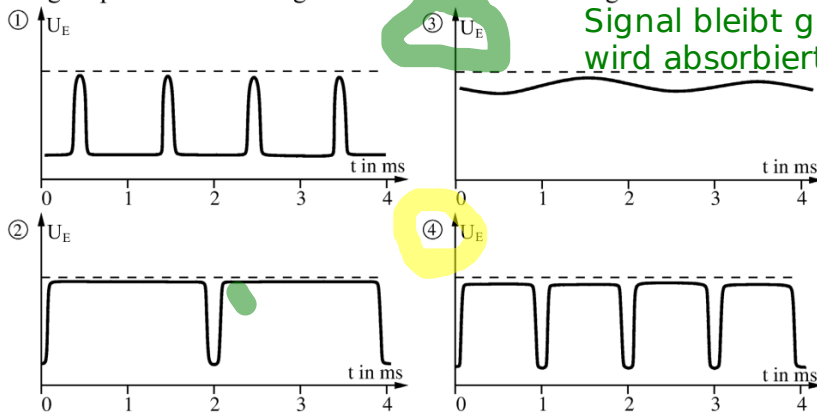


Abb. 4b

Signal bleibt gleich, Teil des Signals wird absorbiert

in Resonanz wird weniger empfangen

7

e) Beim Bezahlvorgang werden die Etiketten an der Kasse kurz einem magnetischen Wechselfeld $B(t) = 5,8 \mu\text{T} \cdot \sin(2\pi \cdot 16 \text{ MHz} \cdot t)$ ausgesetzt. Bestimmen Sie aus Abbildung 2 näherungsweise die mittlere Querschnittsfläche sowie die Windungszahl der zweilagigen Schwingkreisspule und berechnen Sie damit den Maximalwert der darin induzierten Spannung. Begründen Sie, dass das Etikett deaktiviert wird.

Die Spannung übersteigt die Grenze von 4,5V und damit wird das Etikett kurzgeschlossen.

FS S. 25 - Kettenregel

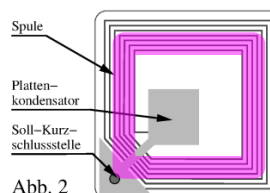
$$U_{ind} = -N \dot{\Phi}$$

$$U_{ind} = -N \cdot A \dot{B}$$

$$U_{ind} = -N \cdot A \cdot 5,8 \mu\text{T} \cdot \cos(2\pi \cdot 16 \text{ MHz} \cdot t) \cdot \frac{2\pi \cdot 16 \text{ MHz}}{[-1; \dots; 1]} \quad \text{nachdifferenzieren}$$

$$U_{ind,0} = 14 \cdot (26 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \cdot 5,8 \mu\text{T} \cdot 2\pi \cdot 16 \cdot 10^6 \text{ Hz}$$

$$U_{ind,0} = 5,5 \text{ V}$$



$$N = 2 \cdot 7 = 14$$

$$a = 26 \text{ mm}$$